

Таким образом, решение задачи управления при помощи многокритериальной оптимизации заключается в обеспечении нужным количеством научно обоснованной информации, на основании которой осуществляется выбор управленческого решения.

**Список литературы:** 1. Халевич В., Волкович В. Вычислительные методы исследования и проектирования сложных систем. – М., 1982. – 327 с. 2. Сергиенко И. В. Математические модели и методы решения задач дискретной оптимизации. – К.: Наук. думка., 1985. – 384 с. 3. Модели и алгоритмы оптимизации надежности сложных систем / Сост. В. Волкович, А. Волошин, В. Заславский, И. Ушаков / Под ред. В. Михалевица. – К., 1993. – 423 с. 4. Танаев В. Декомпозиция и агрегирование в задачах математического программирования / Под ред. А. Закревского. – М., 1987. – 523 с. 5. Горелик В., Ушаков И. Исследование операций. – М., 1986. – 324 с. 6. Наконечный С. И., Савина С. С. Математичне програмування: Навч. посіб. – К.: КНЕУ, 2003. – 452 с. 7. Кузнецов Ю. Н., Кузубов В. И., Волощенко А. Б. Математическое программирование. – М.: Высш. школа, 1980. – 300 с. 8. Михалевиц В. С., Гупал А. М., Норкин В. М. Методы выпуклой оптимизации. – М.: Наука, 1987. – 326 с. 9. Муртаф Б. Современное линейное программирование. Теория и практика. – М.: Мир, 1984. – 624 с. 10. Тихонов Д. Н. О решении некорректно поставленных задач и методе регуляризации, «Доклады АН СССР», 1963. – т. 151. – № 3 11. Лаврентьев М. М. О некоторых некорректных задачах математической физики. – Новосиб., 1962. – 233 с. 12. Бугров Я. С., Никольский С. М. Дифференциальное и интегральное исчисление. М.: Наука. 1989. – 236 с.

*Надійшла до редколегії 20.03.2013*

УДК 518.9+681.51.011

**Многокритериальная оптимизация в задачах управления/ М. Б. Муниб // Вісник НТУ «ХПИ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПИ», – 2013. – № 1 (977). – С. 98-102. – Бібліогр.:12 назв.**

Задачі управління вирішуються на основі багатокритеріальної оптимізації. Розроблена послідовність дій що формалізують рішення задач управління. Пропонується три основних методи застосування багатокритеріальної оптимізації заснованих на штучному злитті кількох обраних показників в один. Це метод мінімізації та максимізації «метод послідовних поступок» і метод запропонований І. Никовським.

**Ключові слова:** багатокритеріальна оптимізація, задачі управління, метод послідовних поступок, злиття показників, система, критерії оптимізації, математичні моделі.

Management tasks are being solved on the basis of a multi-criteria optimization. Developed sequence of actions the decision of problems of management. There are three basic methods of application of multi-criteria optimization based on artificial merge several selected indicators into one. It is a method of minimization and maximization, «the method of successive concessions» and the proposed method of Nikovsky.

**Keywords:** multicriteria optimization, control problems, the method of successive concessions, the merger of indicators, the system, criteria of optimization, mathematical models.

УДК 681.178.9

**В. В. КАЛУШ**, нач. службы пути и тоннельных сооружений, КП «Харьковский метрополитен»

**А. А. НАКОНЕЧНЫЙ**, канд. техн. наук, доц., ХНАДУ, Харьков;

**А. А. ПОДОРОЖНЯК**, канд. техн. наук, доц., ХНАДУ, Харьков;

**Е. А. ПОЛЯКОВ**, ассистент, ХНАДУ, Харьков; ХНАДУ, Харьков;

**А. В. ПОЛЯРУС**, д-р техн. наук, проф., зав. каф., ХНАДУ, Харьков;

**В. В. СИДОРОВ**, с.н.с, Научно-исследовательский центр Воздушных Сил Харьковского университета Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков

## **ВЛИЯНИЕ СОСТОЯНИЯ ХОДОВЫХ РЕЛЬС НА ТОЧНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ ПОЛОЖЕНИЯ КОНТАКТНОГО РЕЛЬСА В ТОННЕЛЕ МЕТРОПОЛИТЕНА**

В статье на основе экспериментальных данных оценивается влияние разности взаимного по высоте положения ходовых рельс метрополитена на точность измерения положения контактного рельса с помощью измерительной тележки.

© В. В. КАЛУШ, А. А. НАКОНЕЧНЫЙ, А. А. ПОДОРОЖНЯК, Е. А. ПОЛЯКОВ А. В. ПОЛЯРУС, В. В. СИДОРОВ, 2013

**Ключевые слова:** контактный рельс, ходовые рельсы, измерительная тележка.

**Введение.** Ходовые рельсы вместе с контактным рельсом и шпалами представляют собой единый комплекс, который создает необходимые условия для движения электропоезда. Геометрическое положение контактного рельса (КР) относительно ходовых рельс определяется при проектировании. В процессе эксплуатации отклонения положения КР в горизонтальной и вертикальной плоскостях не должны выходить за установленные допуски. Реально на практике с течением времени геометрия указанного комплекса изменяется. Несанкционированным изменениям подвергается взаимное положение по высоте ходовых рельс, кривизна последних, ширина рельсового пути и т. д. При движении измерительной тележки по рельсам с искаженной геометрией могут появиться ошибки измерения положения КР, величина которых представляет собой практический интерес.

**Решение задачи.** Рассмотрим ошибки, которые обусловлены отличием высот ходовых рельс. Как известно, положение КР измеряется относительно правого ходового рельса. Во время эксплуатации возможны проседания левого или правого рельса. При этом не исключаются некоторые пространственные эволюции контактного рельса, поскольку он связан со шпалами. Очень сложной математической задачей является описание физической картины деформаций единого комплекса “рельсы - шпалы” для процесса эксплуатации. Поэтому мы воспользуемся упрощенной моделью, которая предполагает независимость в перемещении (или деформациях) ходовых рельс и КР. Кроме того, для ориентировочного расчета примем также упрощенную (жесткую) модель измерительной тележки, которая движется по ходовым рельсам.

Проведем анализ случая, когда один из ходовых рельсов (например, правый) ниже левого на величину равную  $\Delta y$ . При таких условиях измерительная тележка наклонится в правую сторону, а ведомый ролик, который движется по нижней части контактного рельса, ослабит контакт с КР. Поскольку ролик через трос связан с измерительным механизмом, возникает иллюзия, что изменяется высота расположения КР, хотя реальное его положение осталось неизменным. Таким образом, возникает систематическая ошибка измерения высоты положения контактного рельса  $\Delta h$ . Рассчитаем ориентировочную величину этой ошибки, исходя из простых геометрических соображений. Учтем, что контактный рельс должен располагаться на расстоянии (по диагонали) от правого ходового рельса равном

$$l = \sqrt{s_1^2 + s_2^2},$$

где  $s_1 = 690$  мм и  $s_2 = 160$  мм – проектные расстояния КР от ходового рельса по горизонтали и вертикали соответственно. При указанных  $s_1$  и  $s_2$  диагональное расстояние  $l = 708,3$  мм. Разница по высоте расположения ходовых рельс приводит к возникновению наклона измерительной тележки влево или вправо на угол

$$\Delta\alpha = \frac{\Delta y}{L},$$

где  $L$  – расстояние между ходовыми рельсами, которое должно быть равно 1520 мм.

При выбранной жесткой модели тележки ведомый ролик сместится на величину

$$\Delta h \approx l \cdot \Delta\alpha \approx l \cdot \frac{\Delta y}{L}.$$

Отношение  $\frac{l}{L} = \frac{708,3}{1520} \approx 0,466$ . Для ориентировочного анализа полагаем, что  $\frac{l}{L} \approx 0,5$  и тогда

$$\Delta h \approx \frac{\Delta y}{2}.$$

Таким образом, получаем, что при возникновении различий по высоте расположения ходовых рельс равном, например, 2 мм систематическая ошибка измерения высоты

расположения КР составляет примерно 1 мм. Еще раз подчеркнем, что такие данные получаем при жесткой модели измерительной тележки и отсутствии корреляции в изменении высоты ходовых рельс и КР. Отметим, что на поворотах изменяется взаимное положение ходовых рельс по высоте, однако, вместе с ними при выполнении требований проекта изменяется также и положение КР, т. е. систематическая ошибка не должна возникать. Упрощенные модели, которые применялись для теоретического анализа, требуют экспериментального подтверждения на измерительном стенде (рис.1).



Рис. 1 – Общий вид измерительного стенда

Методика проведения эксперимента требовала искусственного изменения высоты расположения одной из ходовых рельс. Для этого на левую или правую ходовую рельсу устанавливалась планка постоянной толщины 5 или 9 мм. По этой планке катились либо левые, либо правые колеса измерительной тележки, в результате чего эта тележка наклонялась вправо или влево на угол  $\Delta\alpha$  равный приблизительно  $0,2^\circ$  или  $0,34^\circ$ .

На рис. 2 приведены зависимости отклонений КР в горизонтальной или вертикальной плоскостях при разной толщине планки, которая накладывалась на левый ходовой рельс. Сплошной линией показаны отклонения, измеренные при одинаковой высоте ходовых рельс, штриховой линией – при наличии планки толщиной 5 мм и штрихпунктирной – при установке на левый рельс планки толщиной 9 мм. Аналогичные кривые показаны на рисунке 3 для случая, когда планки устанавливались на правый рельс. Короткий путь измерительной тележки на графиках (до 1,6 м) обусловлен длиной выбранных для эксперимента планок. Скачки отклонения в вертикальной плоскости поясняются наездом колес измерительной тележки на планку. Анализ графиков (рис. 2, 3) позволяет утверждать следующее.

Если высота левого ходового рельса превышает высоту правого на 5 мм, то появляется ошибка измерения положения КР в вертикальной плоскости, максимальное значение которой достигает приблизительно 1,8 мм (теоретическая ошибка равна 2,34 мм). Если же толщина планки увеличивается до 9 мм, то максимальное значение указанной ошибки достигает 3,4 мм (теоретическое значение 4,2 мм). Это свидетельствует о нелинейном характере зависимости ошибки измерения положения КР в вертикальной плоскости от разницы высот ходовых рельс.

Такая разница высот слабо влияет на ошибки измерения положения КР в горизонтальной плоскости и ее можно не учитывать.

Для случая, когда правый ходовой рельс выше по высоте левого (рис. 3), значение максимальной систематической ошибки измерения положения КР в вертикальной плоскости увеличивается до 10...15 мм, что является недопустимым. Существенных ошибок измерения положения КР в горизонтальной плоскости, как и в предыдущем

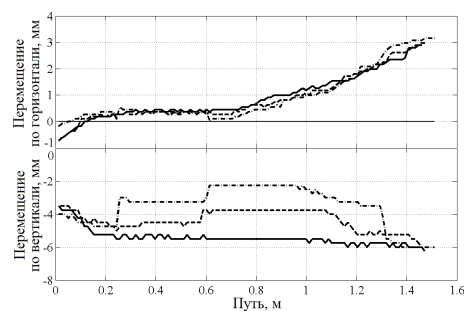


Рис. 2 – Зависимость отклонений контактного рельса в горизонтальной и в вертикальной плоскостях при разных высотах расположения ходовых рельс (левый рельс выше, чем правый)

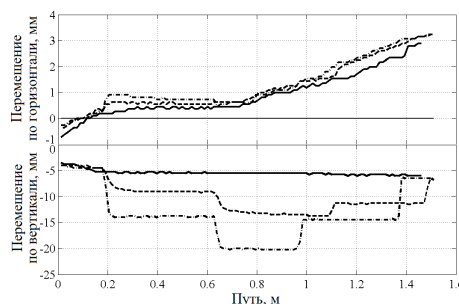


Рис.3 – Зависимость отклонений контактного рельса в горизонтальной и в вертикальной плоскостях при разных высотах расположения ходовых рельс (правый рельс выше, чем левый)

случае, не наблюдается. Отметим, что знаки ошибок (“плюс” или “минус”) для рассмотренных двух случаев разные, что полностью увязывается с физической картиной, описанной выше. Наличие больших ошибок измерения положения КР для второго случая можно объяснить тем, что высота правого ходового рельса изменялась искусственно, а при этом положение контактного рельса не изменялось по высоте. На практике это маловероятный вариант, поскольку правый ходовой рельс связан с КР через шпалы, и потому следует ожидать существенно меньших ошибок измерения.

**Вывод.** Проведенные исследования позволяют сделать выводы: разница высот расположения ходовых рельс слабо влияет на точность измерения положения контактного рельса в горизонтальной плоскости и поэтому систематическую ошибку измерения положения КР в этой плоскости можно не учитывать; при наличии разницы высот ходовых рельс систематическая ошибка измерения положения КР в вертикальной плоскости существенно увеличивается и может достигать порядка 30...40 % от разницы высот; в большей степени ошибки измерения положения контактного рельса в вертикальной плоскости чувствительны к изменению высоты расположения правого ходового рельса; полученные результаты не учитывают существующую механическую связь (через шпалы) ходовых рельс с положением контактного рельса; влияние этой связи на ошибки измерения положения КР должно рассматриваться в дальнейших исследованиях; дальнейшего исследования требуют также систематические ошибки измерения положения КР, обусловленные отсутствием учета веса электропоезда, который вынуждает прогибаться как правый, так и левый ходовые рельсы; при использовании измерительной тележки прогибы ходовых рельс отсутствуют.

*Надійшла до редколегії 20.03.2013*

УДК 681.178.9

**Влияние состояния ходовых рельс на точность измерения положения контактного рельса в тоннеле метрополитена/ В. В. Калуш, А. А. Наконечный, А. А. Подорожняк, Е. А. Поляков А. В. Полярус, В. В. Сидоров // Вісник НТУ «ХП». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХП», – 2013. - № 1 (977). – С. 102-105. – Бібліогр.: 0назв.**

У статті на основі експериментальних даних оцінюється вплив різниці взаємного по висоті положення ходових рейок метрополітену на точність вимірювання положення контактної рейки за допомогою вимірювального візка.

**Ключові слова:** контактна рейка, ходові рейки, вимірювальний візок.

In article influence of the difference of height position of the way metro rails to measurement accurate of the position contact rail using a measuring trolley have estimated base on experimental data.

**Keywords:** contact rail, way rails, measuring trolley.

УДК 621.396:004.78

**І. В. СВИД**, канд. техн. наук, доц., ХНУРЕ, Харків

## **ОПТИМІЗАЦІЯ ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ МНОЖИННОГО ДОСТУПУ З КОДОВИМ РОЗПОДІЛОМ КАНАЛІВ**

Проведено аналіз параметрів м'якого хендовера та досліджено вплив його на характеристики системи множинного доступу з кодовим розподілом каналів.

**Ключові слова:** множинний доступ, хендовер, оптимізація, програмне забезпечення.

**Вступ.** Мобільна мережа зв'язку (ММЗ) на основі технології множинного доступу з кодовим поділом (CDMA) має реально доведені переваги, що призвело до орієнтації всіх розробників телекомунікаційного обладнання нового покоління на різні варіанти систем CDMA.

ММЗ складається з наступних основних елементів: BTS (базова приймально-передавальна станція), SU (пристрій оцінки якості й вибору блоків), BSC (контролер

© І. В. СВИД, 2013